

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 56-148068

(43)Date of publication of application : 17.11.1981

(51)Int.Cl.

G01R 31/26

(21)Application number : 55-051255

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 18.04.1980

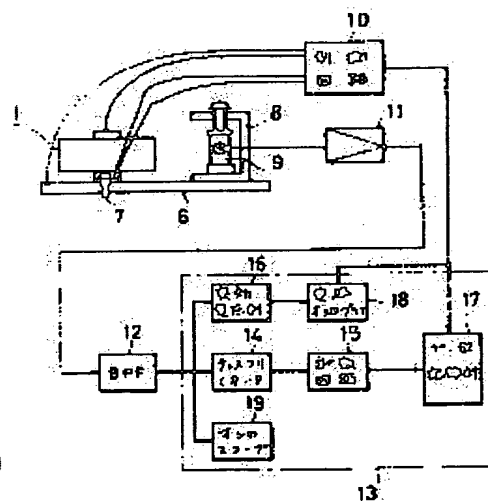
(72)Inventor : EBIHARA MASANORI

(54) FATIGUE EVALUATION DEVICE FOR SEMICONDUCTOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To evaluate the thermal fatigue of junctions continuously following the time elapse by the captioned device in which there is detected waves of stresses generated in soldered junctions during the loading by thermal cycling.

CONSTITUTION: A diode to be tested 1 is fixed on a thermo-radiator 6 and rating current is applied to the diode 1 to heat it from a central circuit 10. On the designated temperature being obtained, power feeding is suspended. When the lowering temperature reaches the arranged, value, the heating power is applied again. Such a heating cycle is repeated to charge load on the sample. Then junctions 5 develops cracks by the strain from the difference between expansion coefficients of electrodes 3a, 3b and a silicon chip 2. Stress waves from plastic deformations or cracks of junctions 5 are detected by an AE sensor 9. After AE signals detected by the sensor 9 are amplified and noises are removed they are introduced to the recording section 13 and wave forms of them are displayed with real time basis on an oscilloscope 19 and are recorded to supply required informations.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

⑬ 日本国特許庁 (JP)

⑭ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭56—148068

⑮ Int. Cl.³
G 01 R 31/26

識別記号

庁内整理番号
7359—2G

⑯ 公開 昭和56年(1981)11月17日

発明の数 1
審査請求 未請求

(全 5 頁)

⑭ 半導体素子の疲労評価装置

京芝浦電気株式会社生産技術研
究所内

⑰ 特 願 昭55—51255

⑰ 出 願 人 東京芝浦電気株式会社

⑱ 出 願 昭55(1980)4月18日

川崎市幸区堀川町72番地

⑲ 発 明 者 海老原理徳

⑲ 代 理 人 弁理士 鈴江武彦 外2名

川崎市幸区小向東芝町1番地東

明 細 書

1. 発明の名称

半導体素子の疲労評価装置

2. 特許請求の範囲

半導体素子に定格電流を断続的に印加して所定の温度範囲内で繰り返し熱サイクルを負荷する手段と、この熱サイクルの負荷過程において前記半導体素子のパッケージ内に収納してあるはんだ付け接合部から発生する応力波を検出する応力波検出器と、この応力波検出器の検出信号から所定の情報を抽出して記録しこの記録結果を前記はんだ付け接合部の熱疲労の評価に供する手段とを具備したことを特徴とする半導体素子の疲労評価装置。

3. 発明の詳細な説明

本発明は半導体素子のパッケージ内におけるはんだ付け接合部の熱疲労を、時間経過に従って定量的かつ正確に評価し得る半導体素子の疲労評価装置に関する。

電力用トランジスタや高耐圧サイリスタ等の

大容量の半導体素子を製作する場合、シリコンチップと電極とを接続するはんだ付け接合部を熱機械応力に強いものにすることは、素子の信頼性を向上させる上で非常に重要である。そこで、この要求に応える技術を確立するため、従来より様々な評価が行なわれている。例えば、半導体素子に人工的に熱サイクルを印加して上記はんだ付け接合部に熱機械的疲労を与える。そして、所定回数だけ熱サイクルを印加した後素子のパッケージを破壊してはんだ付け接合部を露出させ、その外観および断面を顕微鏡により観察して評価を行なっている。

ところが、このような評価手法にあっては、熱疲労の一瞬状態しか評価することができないため、熱疲労の発生および進行といったはんだ付け接合部の動的変化を検出および評価できなかった。また、顕微鏡を用いているので、塑性変形等の微細な疲労を把握することが難しく、また観察が感覚的で精度が低いため、定量的で正確な評価を行なうことができなかった。また、

顕微鏡により評価では、評価結果を得るまでに多くの時間と人手を要し、能率が悪かった。

本発明は上記事情に着目してなされたもので、その目的とするところは、熱サイクル負荷過程においてはんだ付け接合部から発生する応力波を検出し、この検出結果から所定の情報を抽出して連続的に記録することにより、半導体素子内のはんだ付け接合部の熱疲労を時間経過に従って連続的に評価するとともに、評価を短時間で正確にしかも定量的に行なえるようにした半導体素子の疲労評価装置を提供することにある。

以下、本発明を図面に示す一実施例を参照して説明する。第1図は同実施例に被評価半導体素子として適用する自動車用ダイオードの概略構成図で、このダイオード1はシリコンチップ2を金属電極3a、3bでサンドイッチ状にはんだ付けし、これを樹脂製のパッケージ4内に収納した構成となっている。なお、図中5ははんだ付け接合部を示すものである。

そして、このようなダイオード1を第2図に

示す如く放熱板6にねじ7により固定している。また、放熱板6には取付治具8を介してA Eセンサ9が設置してある。ここで、上記ダイオード1と放熱板6との間および取付治具8と放熱板6との間には、それぞれ粘性の高い油を介在させ、ダイオード1から発生する応力波

(Acoustic Emission, A E) がA Eセンサ9に伝播し易いようにしている。

さて、図中10に示す制御回路は、前記ダイオード1の金属電極3a、3b間にこのダイオード1の規格電流を印加するとともに、ダイオード1の金属電極の温度を熱電対等により常時監視し、所定の温度範囲内で加熱および冷却を繰り返して熱サイクルを負荷するものである。一方、前記A Eセンサ9は、上記熱サイクル負荷過程においてダイオード1から発生する応力波を検出し、電気信号(A E信号)に変換している。このA Eセンサ9で検出されたA E信号は、増幅器11で増幅されたのち帯域通過フィルタ(BPF)12を介して記録部13に導びか

れている。上記帯域通過フィルタ12は、検出したA E信号の中から前記ダイオード1のはんだ付け接合部5で発生した成分のみを選択的にとり出すものである。

記録部13は、上記A E信号から特定のパラメータに着目した情報を抽出し記録するもので、ディスクリミネータ14、計数回路15および実効電圧計16からなる情報抽出部と、この情報抽出部で得られた情報を記録するペン型記録計17および電磁オシログラフ18と、前記A E信号を実時間表示するオシロスコープ19とから構成されている。ディスクリミネータ14および計数回路15は、前記A E信号からリングダウンカウント情報とイベントカウント情報とをそれぞれ抽出し、これらの各カウント情報を所定の形態で前記ペン型記録計17に記録せしめるものである。ここで、リングダウンカウント情報は、ディスクリミネータ14において予め設定したしきい値以上の振幅を持ったA E信号の波数を計数回路15で直接計数すること

により得られるもので、単位時間当りの数であるカウント率およびカウント累積数としてその推移が記録される。また、イベントカウント情報は、ディスクリミネータ14でA E信号を包絡線検波してそのバースト成分を検出し、このバーストを計数回路15で1カウントとして計数することにより得られるもので、上記リングダウンカウント情報と同様にイベント率およびイベント累積数として記録される。

一方、実効電圧計16は、前記A E信号の実効電圧に比例した直流出力を得、この直流出力を実効電圧情報として電磁オシログラフ18に記録せしめている。ここで、実効電圧情報の記録をペン型記録計17ではなく電磁オシログラフ18に行なうのは、ペン型記録計17では応答周波数が低すぎるためである。なお、上記ペン型記録計17および電磁オシログラフ18には、上記各カウント情報および実効電圧情報とともに、前記制御回路10からの印加電流のオンオフ出力がそれぞれ記録されるようになって

いる。

次に、以上のように構成された装置の作用を評価手順に従って説明する。先ず、放熱板6に被評価物であるダイオード1を固定し、このダイオード1に制御回路10により順方向の定格電流を印加して発熱させる。そして、ダイオード1の電極温度が所定の上限温度（例えば150℃）に達した時点で電流の印加をオフして放熱させ、温度が所定の下限温度（例えば50℃）に下降した時点で再び電流の印加をオンして発熱せしめる。こうして、ダイオード1に繰り返した熱サイクルを負荷する。

そうすると、熱サイクルの負荷に伴ってダイオード1のはんだ付け接合部5は、金属電極3a、3bおよびシリコンチップ2の温度膨張係数の違いにより熱機械応力を受け、この結果上記のはんだ付け接合部5に塑性変形を生じ、次いでクラックが発生し進行する。このとき、はんだ付け接合部5からは、上記塑性変形やクラックの進行状態に応じて応力波が発生し、この

応力波はA Eセンサ9で検出される。

さて、このA Eセンサ9で検出されたA E信号は、増幅および雑音成分等が除去されたのち記録部13に導びかれ、オシロスコープ19でその波形が実時間表示されるとともに、所定の情報抽出およびその記録がなされる。すなわち、上記A E信号は、ディスクリミネータ14において第3図(a)に示す如くしきい値④以上の波数がパルス（第3図(b)）として抽出され、このパルスが計数回路15で計数される。そして、この計数結果は計数回路15によりカウント累積数およびカウント率を示す直流信号にそれぞれ変換されたのち、リングダウンカウント情報として前記制御回路10における電流のオンオフ出力とともにペン型記録計17に記録される。また、上記A E信号は、ディスクリミネータ14により第3図(c)に示す如く包絡線検波されてそのバースト成分が抽出され、このバースト波の数は計数回路15で計数される。そして、この計数結果（第3図(d)）は、計数回路15に

より先に述べたリングダウンカウント情報と同様にイベント累積数およびイベント率（イベントカウント情報）として、前記ペン型記録計17に記録される。

一方、前記A E信号は、実効電圧計16によりその実効電圧に比例する直流出力が抽出され、この直流出力は電磁オシログラフ18で例えば第4図に示す如く記録される。なお、図中PはA E信号が発生していない期間を、またQはA E信号の発生期間をそれぞれ示している。

しかし、このように表示および記録されたA E信号の波形とカウント情報および実効電圧情報とから、次のような評価がなされる。一般に、金属に熱サイクルを繰り返して負荷した場合、塑性変形による応力波の実効電圧はクラックの発生および進行時に発生する応力波のそれと比較して非常に小さく、しかも塑性変形の発生はクラックの発生に先行する。したがって、実効電圧情報の記録結果を制御回路10からの印加電流のオンオフと比較して解析することにより、

塑性変形とクラックの各発生期間を熱サイクルの繰り返し数に対応して識別することができる。この結果、例えばクラックが発生するまでの期間が長ければ長いほど、そのはんだ付け接合部は疲労し難い性質を有していると評価できる。また、塑性変形による応力波の振幅はクラックの発生および進行時に発生する応力波のそれと比較して小さいので、ディスクリミネータ14におけるしきい値をクラックにより発生する応力波のみ検出し得るように定めれば、リングダウンカウントおよびイベントカウントの各情報はいずれもクラックの発生および進行時のみを表わすものとなる。したがって、リングダウンおよびイベントダウン各カウント情報の記録結果を解析することにより、クラックの進行状態を綿密に把握でき、この進行状態からはんだ付け接合部の性質を評価できる。

このように、本実施例装置によれば、熱サイクルの負荷中にはんだ付け接合部5から発生する応力波を検出し、これにより得たA E信号か

らリングダウンカウント、イベントカウントおよび実効電圧の各情報を抽出してその推移を連続記録したことによって、ダイオード1のパッケージ5を挿してはんだ付け接合部5を露出させるといった作業を必要としないばかりか、熱サイクル負荷中において各疲労状態を知ることができ、しかもそれらの各疲労状態を時間経過に従って連続的に知ることができる。また、疲労の状態を数値情報としてとらえることができるので、塑性変形等の微細な疲労であっても確実に把握でき、定量的でかつ正確な評価を行なうことができる。さらに、本実施例によれば、応力波を検出して疲労評価を行なっているため、従来の顕微鏡を用いた手法のように評価に熟練を必要とせず、また極めて高速度に評価を行なうことができる。

なお、本発明は上記実施例に限定されるものではない。例えば、上記実施例では、AE信号から抽出し記録する情報としてリングダウンおよびイベント各カウント情報および実効電圧情

報を適用したが、それ以外に波高値分布、ピーク電圧、周波数スペクトル等の情報を抽出するようにしてもよい。また、増幅器11および帯域通過フィルタ12を用いる代わりに、AEセンサの感度が最大となる周波数に同調するように調整した選択性増幅器を用いることができる。さらに、被評価物として適用する半導体素子は、ダイオード以外に電力用トランジスタや高耐圧のサイリスタ、IC、LSI等を適用してもよく、その他、AEセンサの設置位置やその構成等についても、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施できる。

以上詳述したように本発明によれば、熱サイクル負荷過程においてはんだ付け接合部から発生する応力波を検出し、この検出結果から所定の情報を抽出して連続的に記録することにより、半導体素子内のはんだ付け接合部の熱疲労を時間経過に従って連続的に評価することができるとともに、評価を短時間で正確にしかも定量的に行ない得る半導体素子の疲労評価装置を提供

することができる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例に適用する半導体素子の断面図、第2図は上記実施例における疲労評価装置の概略構成図、第3図(a)~(d)および第4図は上記実施例装置の作用説明に用いるための波形図である。

1…ダイオード、5…はんだ付け接合部、

9…AEセンサ、13…記録部、

出願人代理人 弁護士 鈴江 武彦

図 1

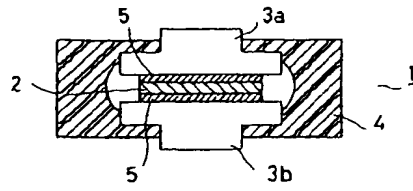


図 2

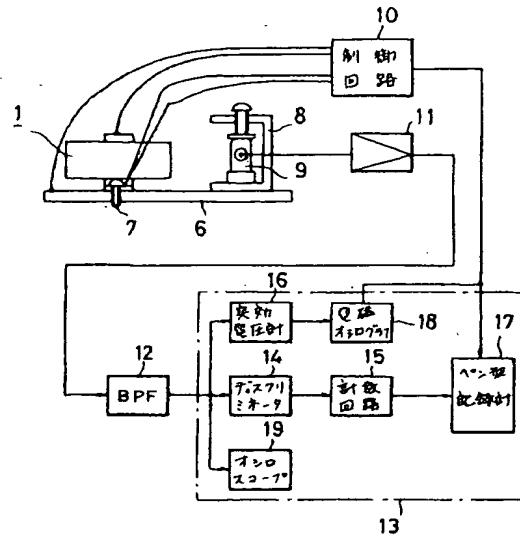


図 3

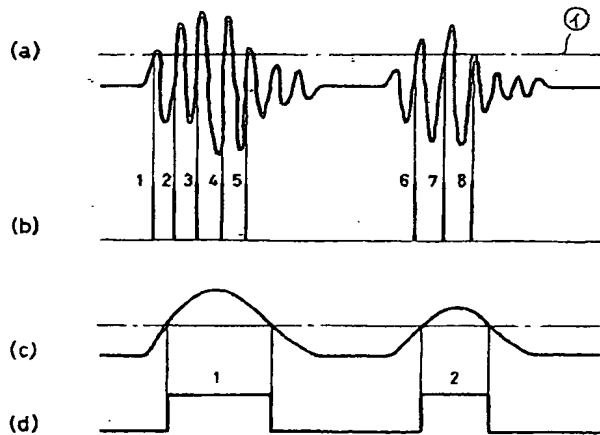


図 4

